



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 272 986 B1

⑩ DE 37 80 600 T 2

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
C 01 B 3/36  
B 01 J 4/04  
C 01 B 3/38

②1 Deutsches Aktenzeichen: 37 80 600.9  
⑧6 Europäisches Aktenzeichen: 87 402 929.1  
⑧6 Europäischer Anmeldetag: 18. 12. 87  
⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 29. 6. 88  
⑧7 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 22. 7. 92  
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18. 2. 93

DE 37 80 600 T 2

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
18.12.86 FR 8617926

⑦3 Patentinhaber:  
Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison,  
Hauts-de-Seine, FR

⑦4 Vertreter:  
Lewald, D., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:  
BE, DE, FR, GB, IT

⑦2 Erfinder:  
Gateau, Paul, F-78860 Saint Nom La Breteche, FR;  
Maute, Michel, F-78340 Les Claye sous Bois, FR;  
Feugier, Alain, F-78630 Orgeval, FR; Perthuis,  
Edmond, F-78220 Viroflay, FR

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Herstellung von Synthesegas mittels einer Flamme.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 37 80 600 T 2

Europäische Anmeldung Nr. 87 402 929.1  
Veröffentlichungsnummer 0 272 986  
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE

EU 1240 Lw/hl - Aff. 2625

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von  
Synthesegas mittels einer Flamme

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung, die über den Flammenweg zur Herstellung von Synthesegas betrieben werden.

Die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe, wie des Erdgases, in Sauerstoffunterschub aufweisender Atmosphäre führt zur Bildung von Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ), jedoch auch zu Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Wenn man beispielsweise die Verwendung 1 Mols Methan ( $\text{CH}_4$ ) mit 0,7 Mol Sauerstoff durchführt, erhält man 54,9 Mol% Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ); 31,6 Mol% Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ); 1,7 Mol% Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und 11,7 Mol% Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) bei adiabatischem Gleichgewicht.

Durch eben dieses Verbrennungsverfahren ergibt sich jedoch das Vorhandensein von intermediären Kohlenwasserstoffen unter Bildung wenigstens von  $\text{CO}$  und  $\text{H}_2$ , jedoch noch mehr von  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ . Versuche wurden durchgeführt, um dieses Phänomen zu minimieren. Die Umwandlung in  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2$  ist um so besser, je adiabatischer die Wandungen des Reaktors (die Form des Reaktors darf einen Strahlungsverlust nicht

zulassen) sind.

Größere Probleme für O/C-Verhältnisse benachbart 1,4 Mol/Mol gibt es nicht, jedoch für geringere Verhältnisse ist es notwendig, die Gase vorzuwärmen. In Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen, die schwerer als Methan sind, kann die Bildung der Ruße die Absenkung des Verhältnisses O/C begrenzen.

Die vorliegende Erfindung liefert ein Verfahren und eine Vorrichtung, die es ermöglichen, das Vorhandensein der Ruße am Austritt aus dem Reaktor insbesondere unter delikaten Arbeitsbedingungen zu vermeiden, beispielsweise für geringe O/C-Verhältnisse oder wenn man in Anwesenheit von anderen Kohlenwasserstoffen als Methan arbeitet oder wenn der Reaktor mit Luft anstelle von Sauerstoff gespeist wird.

Die Vorrichtung nach der Erfindung ermöglicht es, Synthesegas durch Verbrennung eines Treibstoffs in einer Verbrennungsmittel im Unterschub enthaltenden Atmosphäre herzustellen, wobei das Verbrennungsmittel (Sauerstoffträger) gasförmig ist.

Die Vorrichtung umfaßt erste Mittel (5, 6; 38) zum Einführen von Treibstoff und eines Teils des Verbrennungsmittels in einen Reaktor und zeichnet sich dadurch aus, daß dieser Teil des durch die ersten Mittel (5, 6) eingeführten Verbrennungsmittels zur vollständigen Umwandlung des Treibstoffs unzureichend ist; sie umfaßt im übrigen zweite Mittel zum Einführen eines zweiten Teils des Verbrennungsmittels in den Reaktor (1), wobei diese zweiten Mittel wenigstens eine poröse Wand (7; 26; 39, 41, 45; 47, 48) umfassen, und die zweiten Mittel es ermöglichen, die zur Herbeiführung der vollständigen Umwandlung notwendige Menge

an Verbrennungsmittel einzuführen, und es ermöglichen, die hieran haftenden Ruße zu oxidieren.

Die poröse Wand kann im wesentlichen die Reaktionszone des Reaktors begrenzen.

Die poröse Wand kann im wesentlichen die Form eines Zylinders haben. Dieser Zylinder kann an einem seiner Enden die ersten Einführungsmittel für den Treibstoff und eines Teils des Verbrennungsmittels umfassen und an seinem anderen Ende geschlossen sein.

Der Zylinder kann einen Kanal zum Austritt der Abströme umfassen.

Wenn die aus den ersten Einführungsmitteln stammenden Gase in diesem Reaktor wenigstens eine Richtungsänderung aufgrund des Vorhandenseins einer ablenkenden Wandung erfahren, kann wenigstens ein Teil dieser ablenkenden Wandung porös sein und zum Einführen eines Teils des Verbrennungsmittels dienen.

Die Vorrichtung nach der Erfindung kann einen aus wenigstens zwei Teilen bestehenden Reaktor umfassen, wobei der erste Teil an einem Ende wenigstens eine Austrittsöffnung umfaßt, die im wesentlichen gegenüber ersten Einführungsmitteln angeordnet ist, wobei der zweite Teil des Reaktors dieses Ende umschließt, indem er einen Durchlaufraum für die Gase freiläßt. In diesem Fall kann die Ablenkung dem Teil der Wandung des zweiten Teils des Reaktors entsprechen, der sich gegenüber der Austrittsöffnung des ersten Teils des Reaktors befindet.

Der zweite Teil des Reaktors kann im wesentlichen die Gesamtheit des ersten Teils des Reaktors umgeben oder umhül-

len.

Die poröse Wand kann eine Fläche haben, die nicht den Reaktor begrenzt und von einem dichten Raum umgeben ist, wobei dieser Raum selbst Mittel zur Speisung mit Verbrennungsmittel umfaßt.

Die poröse Wandung kann aus einem Material mit guten Wärmeisolationseigenschaften realisiert sein und/oder kann ein Material mit katalytischen Eigenschaften, wie Zirkonerde (Zirkondioxid), umfassen.

Die ersten Einführungsmittel können mehrere Rohre umfassen und können getrennt diesen Treibstoff und einen Teil des Verbrennungsmittels bis in den Reaktor führen.

Die vorgenannten unterschiedlichen Reaktionszonen können in einem, aus einem Stück bestehenden porösen Element oder Multiblock bestehen, d.h. mehrere Unterelemente umfassen, die gestapelt sein können.

Diese gestapelten Unterelemente können Durchlässe und/oder Einschnitte und/oder Leisten bzw. Zungen umfassen.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung oder zum Erhalt des Synthesegases durch Verbrennung mit Verbrennungsmittelüberschuß eines Treibstoffs, wobei dieses Verbrennungsmittel gasförmig ist.

Man führt in einen Reaktor den Treibstoff und einen Teil des Verbrennungsmittels über erste Einführungsmittel ein. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß dieser Teil des Verbrennungsmittels unzureichend zur Durchführung der vollständigen Umwandlung dieses Treibstoffs ist; man führt einen zweiten Teil des gasförmigen Verbrennungsmittels

vermittels einer porösen Wand ein, die an der Begrenzung dieses Reaktors teilnimmt, wobei dieser zweite Teil notwendig ist, um die vollständige Umwandlung herbeizuführen und kontinuierlich Ruße zu eliminieren, die gegebenenfalls auf dieser porösen Wand abgeschieden sind.

Nach einer Variante des Verfahrens kann man in die poröse Wand einen Reaktionskatalysator einführen.

Nach einer anderen Variante des Verfahrens kann das durch die ersten Einführungsmittel eingeführte Verbrennungsmittel hinsichtlich seiner Art und/oder Zusammensetzung unterschiedlich zu dem durch die zweiten Einführungsmittel eingeführten sein. Vorzugsweise jedoch werden sie identisch sein.

Nach einer Ausführungsform umfaßt der Reaktor einen Doppelmantel (aus feuerfestem oder keramischem Material), der porös ist, über den ein Teil des Verbrennungsmittels  $O_2$ , gegebenenfalls mit Sauerstoff angereicherte Luft, oder irgendein anderes Gas eingeführt wird, das während des Verfahrens auftreten kann (Wasserdampf).

Nach einer besonderen Verwirklichungsweise der vorliegenden Erfindung führt man über den Brenner Wasserstoff und Sauerstoff getrennt und über die poröse Wandung ein Gemisch aus Sauerstoff und Wasserdampf ein.

Der Stand der Technik läßt sich illustrieren durch den Artikel von M. Kitano und Y. Otsuka, betitelt "Suppression Effects of stretching flow on soot emission from laminar diffusion flames", erschienen in Combustion Science and Technologie 1985, Band 42, Seiten 165-183, sowie durch die amerikanische Patentschrift 4 618 451.

Die vorliegende Erfindung ist besonders gut für die Herstellung von Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) und Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) ausgelegt.

Die Erfindung wird besser verständlich und ihre Vorteile werden klarer anhand der Beschreibung besonderer folgender Ausführungsformen, die nicht als begrenzend anzusehen sind und durch die beiliegenden Figuren illustriert sind, in denen:

- Fig. 1 eine erste Ausführungsform der Erfindung mit einer porösen, im wesentlichen zylindrischen Wand dargestellt,
- Fig. 2 eine andere Ausführungsform erläutert, nach der der Reaktor zwei Teile umfaßt,
- Fig. 3 eine Ausführungsform zeigt, für die der Reaktor mehrere Reaktionszonen, die aus einem porösen Material hergestellt sind, umfaßt, und
- Fig. 4 bis 10 unterschiedliche Ausführungsvarianten dieser Reaktionszonen darstellen.

In Fig. 1 bezeichnet das Bezugszeichen 1 einen Reaktor insgesamt. Dieser Reaktor umfaßt einen Brenner 2, der mehrere Rohre 3 umfassen kann. Gewisse dieser Rohre können dazu dienen, ein Verbrennungsmittelgas, das Sauerstoff enthält, und die anderen, einen Treibstoff einzuführen.

Man verläßt nicht den Rahmen der Erfindung, wenn man einen anderen Typ Brenner verwendet.

Im Falle der Fig. 1 dienen die Rohre 3 dazu, Sauerstoff einzuführen: die freien Räume 4 zwischen den Rohren dienen

dazu, das umzuformende Gas, wie Methan, einzuführen. Die Gase können dem Brenner über eine Leitung 5, was das Treibstoffgas, und über die Leitung 6, was einen Teil des Verbrennungsmittelgases betrifft, zugeführt werden.

Über dem Brenner 2 baut ein poröser Zylindermantel 7. Dieser Mantel umfaßt in seinem oberen Teil eine Austrittsleitung 8 für Abströme. Im Beispiel der Fig. 1 begrenzt der poröse Mantel 7 mit an seinem unteren Ende angeordnetem Brenner die Reaktionszone 9. Der poröse Mantel ist selbst in einen dichten umschlossenen Raum 10 eingeschlossen. Der umschlossene Raum wird durchsetzt von der Auslaßleitung 8 für die Abströme, sowie von den Leitungen 5 und 6 zum Speisen des Brenners mit Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ).

Im übrigen wird dieser umschlossene Raum mit Verbrennungsmittelgas, wie Sauerstoff, über eine Leitung 11 gespeist.

Nach der Erfindung hält man einen freien Verteilerraum oder eine freie Verteilerzone 16 zwischen umschlossenem Raum 10 und porösem Mantel 7 aufrecht.

Der über die Leitung 11 ankommende Sauerstoff wird den Raum 16 füllen und die poröse Wand bestreichen und so mit Sauerstoff speisen. Der Sauerstoff dringt in die Reaktionszone 9 ein und nimmt an der Reaktion teil, um eine vollständige Umwandlung des Methans in  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  zu erhalten.

Selbstverständlich ist die Sauerstoffmenge, die man in die Reaktionszone 9 über die Leitung 6 des Brenners 2 einführt, unzureichend, um eine vollständige Umwandlung des Methans zu erreichen, und der über die poröse Wandung 7 eindringende Sauerstoff ist notwendig, um eine vollständige Umwandlung herbeizuführen.



Die poröse Wandung 7 kann eine variable Porosität haben, je nachdem, ob sie einen Punkt oder einen anderen der Reaktionszone 9 speist und dies, um die in die unterschiedlichen Orte der Reaktionszone 9 eingeführte Menge variieren zu lassen. Beispielsweise kann die Porosität längs der Achse 12 des Reaktors 1 variieren.

Diese Porositätsvariation kann insbesondere für die Gesamtheit modularer Elemente, wie Platten oder Ziegel 13, 14, 15, unterschiedlicher Porositäten erhalten werden.

Im wesentlichen in Höhe des Brenners 2 kann die poröse Wandung verlängert werden durch eine dichte Wandung oder sogar durch den Körper des Brenners 2.

Man kann auch in die Reaktionszone 9 Wasserdampf oder jedes andere Gas zur Vervollständigung des Verfahrens einführen. Dies kann herbeigeführt werden entweder über die Brennerleitung 6 oder über den Speisekanal 11 für den freien Raum 16.

Die Innenwandungen des umschlossenen Raumes können vorzugsweise mit einer gegen Strahlung schützenden Schicht 17 oder einer Wärmeschutzschicht verkleidet sein.

Die Vorrichtung weist mehrere Vorteile auf. Das Gas, welches die poröse Wandung durchsetzt, erwärmt sich und kühlt so diese Wandung. Bei der Herstellung des Synthesegases jedoch verbieten sich zu kalte Wandungen, da sie die Wirksamkeit der Umwandlung (Einfrieren der Reaktionen) reduzieren und die Ansammlung von Kohlenstoff begünstigen können. In unserem Fall erzeugt der Sauerstoff, der diffundiert, eine Reaktionsgrenzschicht, die in der Lage ist, die dann kältere Wandung vor den im Umwandlungsprozeß be-

findlichen Gasen zu schützen.

Sie ermöglicht, einen Teil des Sauerstoffs unter Abstand zum Brenner 2 einzuführen. Die Verbrennung am Austritt des Brenners 2 ist sehr viel reicher, da der Sauerstoff hierin in unzureichender Menge für eine vollständige Umwandlung enthalten ist.

So erfolgt die Verbrennung in Höhe des Brenners 2 bei niedrigerer Temperatur, wodurch der Brenner so geschützt wird.

Der Sauerstoff wird graduell über die poröse Wandung 7 zur Vervollständigung der Umwandlung eingeführt.

Die Vorrichtung nach der Erfindung ermöglicht ein Arbeiten unter guten Sicherheitsbedingungen. Tatsächlich beginnt jede Zerstörung des Reaktors durch Angriff auf die poröse Wandung, wobei es sich um eine Zwischenwand aufgrund des Vorhandenseins des umschlossenen Raums 10 handelt.

Darüber hinaus ist die Temperatur des aus dem Brenner austretenden Strahls niedriger als die, die man erhalten hätte, wenn sämtliche Umwandlungsprodukte durch den Brenner eingeführt worden wären.

Man kann im übrigen die Diffusionsgeschwindigkeit in dem Teil der Wandung erhöhen, die durch den Wärmeaustausch am meisten beaufschlagt ist, und dies, indem auf die Porosität dieses Teils der Wandung einwirkt.

Die Vorrichtung nach der Erfindung vermeidet es, vorgewärmten Sauerstoff bei stark erhöhten Temperaturen zum Speisen des Brenners einzuführen.

Fig. 2 zeigt eine andere Ausführungsform, wonach der Reaktor zwei Teile umfaßt.

Der erste Teil 18 ist von innen durch ein längliches Element 19 begrenzt, welches vorzugsweise aus feuerfestem Material sein kann.

Der Brenner 2 ist am unteren Ende des länglichen Elements 19 angeordnet. An einem anderen Ende 21 dieses Elements befindet sich eine Öffnung 22, wobei diese Öffnung den zweiten Teil des Reaktors 23 speist.

Dieser zweite Teil des Reaktors 23 ummantelt das obere Ende 21 des länglichen Elements 19.

Der zweite Teil des Reaktors ist durch die Außenwand 24 des länglichen Elementes 19 über einen Zylindermantel 25 aus feuerfestem Material und durch eine Haube oder Kalotte 26 begrenzt, die über diesem zylindrischen Mantel 25 derart baut, daß das obere Ende 21 des länglichen Elementes 19 abgedeckt wird.

Die Haube 26 ist gegenüber der Öffnung oder Austrittsöffnung 22 für die Abströme aus dem ersten Teil des Reaktors angeordnet.

Diese Öffnung selbst ist in der Achse 27 des Brenners angeordnet, die ebenfalls die Achse des Reaktors ist.

Die über die Öffnung 22 austretenden Abströme werden durch die Haube 26 um 180° umgelenkt und wandern in den zweiten Teil des Reaktors 23, indem sie längs der Außenwand des länglichen Elements 19 strömen, um über Leitungen 28 auszutreten.

Gemäß dieser Ausführungsform ist die Haube 26, die eine Ablenkwandung ist, aus porösem, gegebenenfalls feuerfesten Material ausgeführt und dient dazu, einen anderen Teil des Verbrennungsmittelgases einzuführen als den, der über die Leitungen 29 des Brenners eingeführt ist.

Die Fläche 30 der Haube 26, die den Reaktor nicht begrenzt, ist umschlossen von einem dichten Raum 31, der eine Kammer 32 bildet.

Diese Kammer wird mit Verbrennungsmittel, beispielsweise Sauerstoff, über eine Leitung 33 gespeist. Der Sauerstoff diffundiert durch die poröse Wandung 26 der Haube und speist den zweiten Teil des Reaktors 23 mit Sauerstoff.

In Fig. 2 ist der dicht umschlossene Raum 31 Teil eines Außenmantels 34, der die Gesamtheit des Reaktors einschließt und der die Sauerstoffeinführungskanäle 33, die Austrittsleitungen für die Abströme und die Lagerung für den Brenner 2 umfaßt.

Der Brenner 2 ist vom Mehrrohrtyp oder dergleichen und umfaßt mehrere Rohre 35 zum Einführen des Treibstoffs, beispielsweise Erdgas. Dieses gelangt zum Brenner 2 über eine Leitung 36.

Das Verbrennungsmittel, beispielsweise Sauerstoff, wird in den ersten Reaktor über den zwischen den Rohren 35 des Brenners freigelassenen Raum 37 eingeführt.

Gemäß dieser Ausführungsform werden die aus dem ersten Reaktor stammenden Ruße auf der porösen Wand von Haubenform gesammelt. Wichtig ist der Hinweis, daß die Ruße durch Koaleszenz dicker werden und können aufgrund dieser Tatsache leichter auf dieser Wandung gesammelt werden.

Die poröse Haube 26 in Kontakt mit dem Reaktor erwärmt den Sauerstoff, der sie durchsetzt, was eine vollständige Oxidation der auf der Innenfläche der Haube gesammelten Ruße ermöglicht. Man kann auch eine katalytische Wirkung des porösen Materials in Betracht ziehen, das beispielsweise Zirkonerde (Zirkondioxid) umfassen kann.

So ist die Vorrichtung gemäß der Erfindung ganz besonders interessant, wenn die Ruße in der Reaktion während der Herstellung eines Synthesegases erzeugt werden. Wenn nämlich die Ruße sich auf der porösen Wandung festsetzen, werden sie dann durch das Verbrennungsmittel nachverbrannt, das durch das poröse Material "durchsickert". Jedoch begünstigt die Reaktorform der Fig. 1 dieses Anhaften nicht. Die der Fig. 2 ist wirksamer: die Ruße schlagen auf die Wandung 30 über die Öffnung 22 auf, jedoch ein Teil der Ruße läuft Gefahr, trotz allem mitgerissen zu werden.

Die nachstehend gegebenen Ausführungsformen für die poröse Wand erleichtern das Ansetzen der Ruße und damit deren Eliminierung durch Oxidation aufgrund der Tatsache, daß Verbrennungsmittel durch diese porösen Wandungen eindringt.

Entsprechend diesen Ausführungsformen ist das Verhältnis von Oberfläche/Volumen erhöht.

In der Ausführungsform der Fig. 3 umfaßt das poröse Element 41 eine Vielzahl von Primäröffnungen 38 für den Durchgang des Synthesegases und Sekundäröffnungen 39 für das Einführen des Verbrennungsmittels, das das poröse Element 41 durchsetzen soll. Die Primär- und Sekundäröffnungen haben tatsächlich die Form von Kanälen und genauer von Rohren. Das Bezugszeichen 40 bezeichnet den Brenner, der von dem in der vorliegenden Anmeldung bereits beschriebe-

nen Typ sein kann. Die Sekundärkanäle können mit zusätzlichem Verbrennungsmittel über eine Speisekammer 42 gespeist werden, die von einem Mantel 43 begrenzt ist, der einen anderen Mantel 44 umgibt, in welchem das poröse Element 41 angeordnet ist. Diese Wandung 44 umfaßt Öffnungen 45 zum Speisen der Sekundärkanäle 39.

In Fig. 3 ist die Speisung der Kammer 42 mit Verbrennungsmittel nicht dargestellt. Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch den in Fig. 3 dargestellten Reaktor gemäß der Linie AA. Man erkennt in dieser Figur, daß die Primär- und Sekundärkanäle sich nicht schneiden und daß das Verbrennungsmittel, welches die Sekundärkanäle 39 speist, zu den Primärkanälen 38 nach "Wanderung" in die mit 46 (Fig. 4) bezeichneten Zonen des porösen Materials 41 gelangt.

Die Ruße, die sich auf den Wandungen der Primärkanäle absetzen, werden durch das aus den Sekundärkanälen stammende Verbrennungsmittel oxidiert.

Das poröse Element 41 kann aus einem einzigen Block oder einem Multiblock bestehen, was die industrielle Realisierung erleichtert.

Die Fig. 5 und 6 zeigen ein Ausführungsbeispiel des durch Stapeln mehrerer Blöcke hergestellten porösen Elements.

Fig. 6 entspricht einem Schnitt längs der Linie BB des porösen, in Fig. 5 dargestellten Elements. Das poröse Element wird hergestellt durch Stapelung mehrerer poröser Unterelemente 47, 48. Jedes dieser Elemente umfaßt Durchlässe 49, welche die Primärkanäle nach Stapelung der Unterelemente zu Primärkanälen bilden.

Die Sekundärkanäle werden hergestellt durch geradlinige

Einschnitte 50, die gegebenenfalls mit Zungen 51 zusammenwirken.

Die Verbindungsebene 52 kann, so wie sie ist, belassen werden oder kann mit einer (nicht porösen oder porösen) Schicht, um das Spiel auszugleichen, abgedeckt sein.

Diese Schicht kann ein feuerfester Mörtel 53, wie genauer in Fig. 7 gezeigt, sein.

Wenn die Porosität der Unterelemente 47, 48 ausreichend ist, ist diese Schicht überflüssig, da der Teil der Gase, der über die Verbindungsebene eintritt, dann gering, verglichen mit dem der in die Poren diffundieren wird, sein wird.

Die Form der Primär- und/oder Sekundärkanäle kann variiert werden, insbesondere um die Ruße besser einzufangen und/oder eine bessere Verteilung des zusätzlichen Verbrennungsmittelgases zu erreichen und/oder um die Austauschflächen zu erhöhen.

So können die Kanäle mit Umlenkungen 54 versehen sein.

Eine solche Ausführungsform ist in den Fig. 8 und 9 dargestellt. Sie umfaßt eine Stapelung von porösen zellenförmigen Unterelementen 55 bis 60, deren Löcher oder Durchlässe 61 von unterschiedlichem Durchmesser sind und die dezentriert sind.

Die Pfeile 62 schematisieren den Weg des Gases.

Fig. 9 entspricht einem Schnitt längs der Linie CC der Darstellung der Fig. 8.

Zum Einführen zusätzlichen Verbrennungsmittels kann man wie bei der Ausführungsform der Fig. 3 vorgehen.

Unter Berücksichtigung des Durchsatzes an sekundärem Verbrennungsmittel ist der Querschnitt der Sekundäröffnungen geringer als der der Primäröffnungen.

Man verläßt nicht den Rahmen der Erfindung, wenn die Sekundärkanäle 63 sich untereinander schneiden, wie dies in Fig. 10 dargestellt ist.

Das verwendete Verbrennungsmittel kann Sauerstoff, Luft und/oder Wasser in Form von Dampf, und dies in den unterschiedlichen dargestellten Ausführungsformen umfassen; der Treibstoff kann Methan ( $\text{CH}_4$ ) oder irgendein anderer Kohlenwasserstoff sein.



EU 1240 Hn/sp - Affaire 2625

87 402 929.1

Institut Francais du Petrole

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorrichtung zur Herstellung von Synthesegas durch Verbrennen eines Treibstoffes in einer Atmosphäre, die ein Verbrennungsmittel (Sauerstoffträger), das gasförmig ist, im Unterschub enthält, wobei die Vorrichtung erste Einrichtungen (5, 6; 38) zur Einführung des Treibstoffes und eines Teils des Verbrennungsmittels (Sauerstoffträgers) in einen Reaktor aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der durch die genannten ersten Einrichtungen (5, 6) eingeführte erste Teil des Verbrennungsmittels nicht ausreicht zur vollständigen Umwandlung des Treibstoffes, daß sie außerdem zweite Einrichtungen zur Einführung eines zweiten Teils des Verbrennungsmittels in den Reaktor (1) aufweist, wobei diese zweiten Einrichtungen mindestens eine poröse Wand (7; 26; 39, 41, 45; 47, 48) aufweisen und die Einführung der für die vollständige Umwandlung erforderlichen Menge an Verbrennungsmittel und die Oxidation der Ruße, die sich darauf abgelagert haben, erlauben.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte poröse Wand mindestens einen Abschnitt des Reaktors begrenzt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte poröse Wand (7) im wesentlichen mindestens eine Reaktionszone (9) des Reaktors begrenzt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte poröse Wand (7) im wesentlichen mehrere Reaktionszonen (9) begrenzt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte poröse Wand (7) im wesentlichen die Form eines Zylinders hat, der an einem seiner Enden die ersten Einrichtungen zur Einführung des Treibstoffes und eines Teils des Verbrennungsmittels (2) aufweist und an seinem anderen Ende geschlossen ist, wobei der Zylinder eine Leitung (8) zum Ablassen der Abgase aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, in der die Gase, die aus den ersten Einführungseinrichtungen (2) stammen, in dem Reaktor mindestens einer Richtungsänderung unterworfen werden durch die Anwesenheit einer Deflektor-Wand, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil dieser Deflektor-Wand (30) porös ist und zur Einführung des zweiten Teils des Verbrennungsmittels dient.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Reaktor mit mindestens zwei Abschnitten umfaßt, wobei der erste Abschnitt (18) an einem Ende mindestens eine Austrittsöffnung (22) aufweist, die im wesentlichen gegenüber den genannten ersten Einführungseinrichtungen (2) angeordnet ist, daß der zweite Abschnitt des Reaktors (23) das genannte Ende umgibt unter Freilassung eines Zwischenraums zum Hindurchleiten der Gase und daß die genannte Deflektor-Wand dem Teil der Wand des zweiten Abschnitts des Reaktors entspricht, der sich gegenüber der Austrittsöffnung (22) des ersten Abschnitts des Reaktors befindet.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Abschnitt des Reaktors im wesentlichen den gesamten ersten Abschnitt des Reaktors umgibt.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse Wand eine Fläche aufweist, die den Reaktor nicht begrenzt, und daß diese Fläche von einem dichten Behälter (Schutzbehälter) (31) umgeben ist, der selbst Einrichtungen zur Einführung von Verbrennungsmittel (27, 33) aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse Wand aus einem Material mit guten Wärmeisoliereigenschaften besteht.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse Wand ein Material mit katalytischen Eigenschaften, wie Zirkonerde (Zirkoniumdioxid), enthält.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Einrichtungen zur Einführung des Treibstoffes und eines ersten Teils des Verbrennungsmittels mehrere Rohre (3, 35) umfassen und daß diese Einrichtungen den Treibstoff und den ersten Teil des Verbrennungsmittels getrennt in den Reaktor (9, 18) einleiten.

13. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszonen in porösen Elementen aus einem Stück realisiert bzw. angeordnet sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszonen in porösen Elementen, die mehrere Unterelemente aufweisen, realisiert bzw. angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterelemente aufeinandergestapelt sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterelemente Einschnitte, Durchgänge und/oder Schlitz (Langetten) aufweisen.

17. Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch Verbrennen eines Treibstoffes in einer unterschüssigen Menge an Verbrennungsmittel (Sauerstoffträger), das gasförmig ist, bei dem man den Treibstoff und einen Teil des Verbrennungsmittels durch erste Einführungseinrichtungen in den Reaktor einführt, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Teil des Verbrennungsmittels nicht ausreicht zur vollständigen Umwandlung des Treibstoffes, daß man einen zweiten Teil des Verbrennungsmittelgases mittels einer porösen Wand, die Teil der Begrenzung des Reaktors ist, einführt, wobei dieser zweite Teil erforderlich ist zur Durchführung der vollständigen Umwandlung und kontinuierlichen Eliminierung der Ruße, die sich gegebenenfalls auf der porösen Wand abgelagert haben.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß man einen Reaktionskatalysator in die poröse Wand eingeführt hat.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das durch die ersten Einführungseinrichtungen eingeführte Verbrennungsmittelgas der gleichen Natur und der gleichen Zusammensetzung ist wie dasjenige, das durch die zweiten Einführungseinrichtungen eingeführt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das durch die zweiten Einführungseinrichtungen eingeführte Verbrennungsmittelgas Sauerstoff und Wasserdampf umfaßt.

---

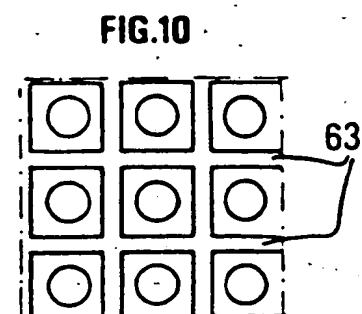
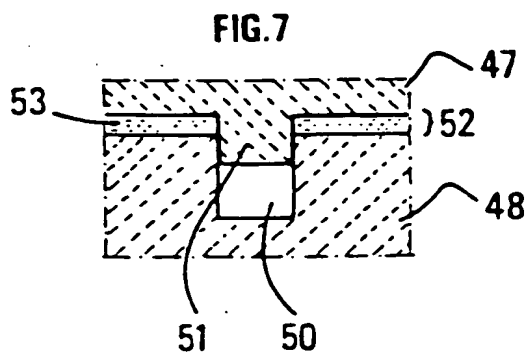
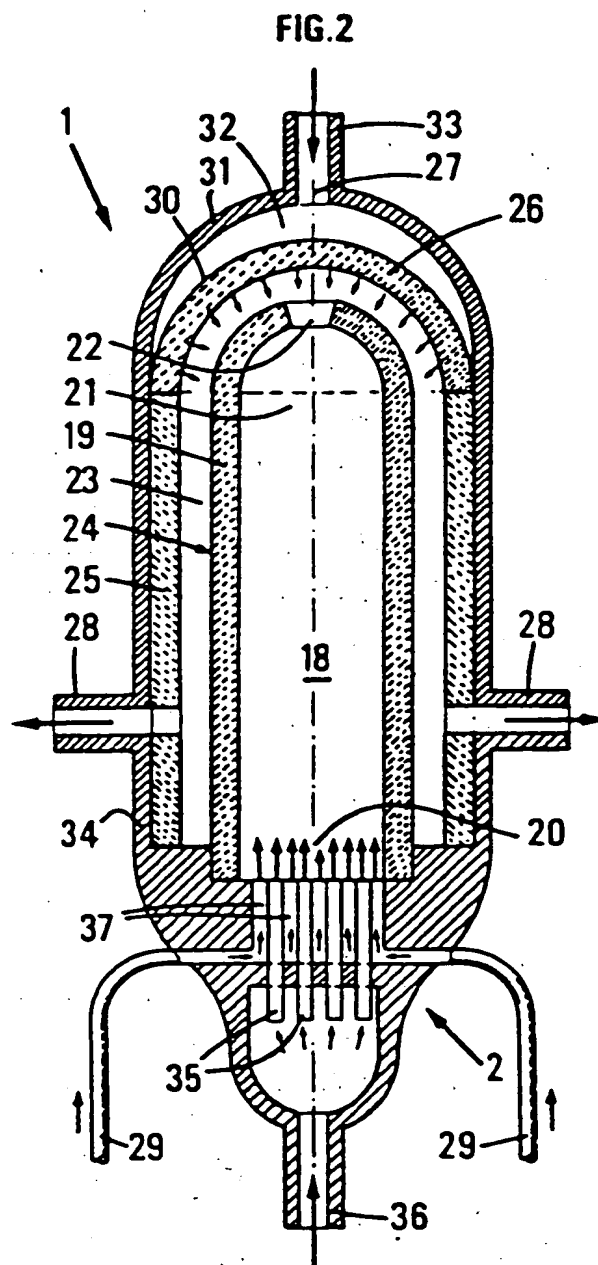
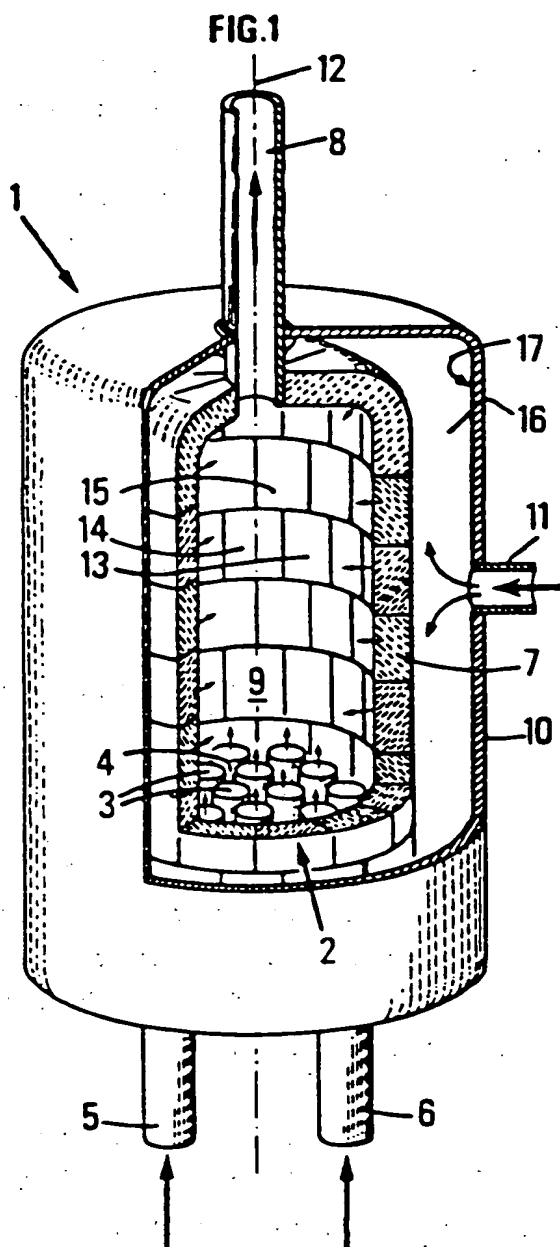


FIG. 3

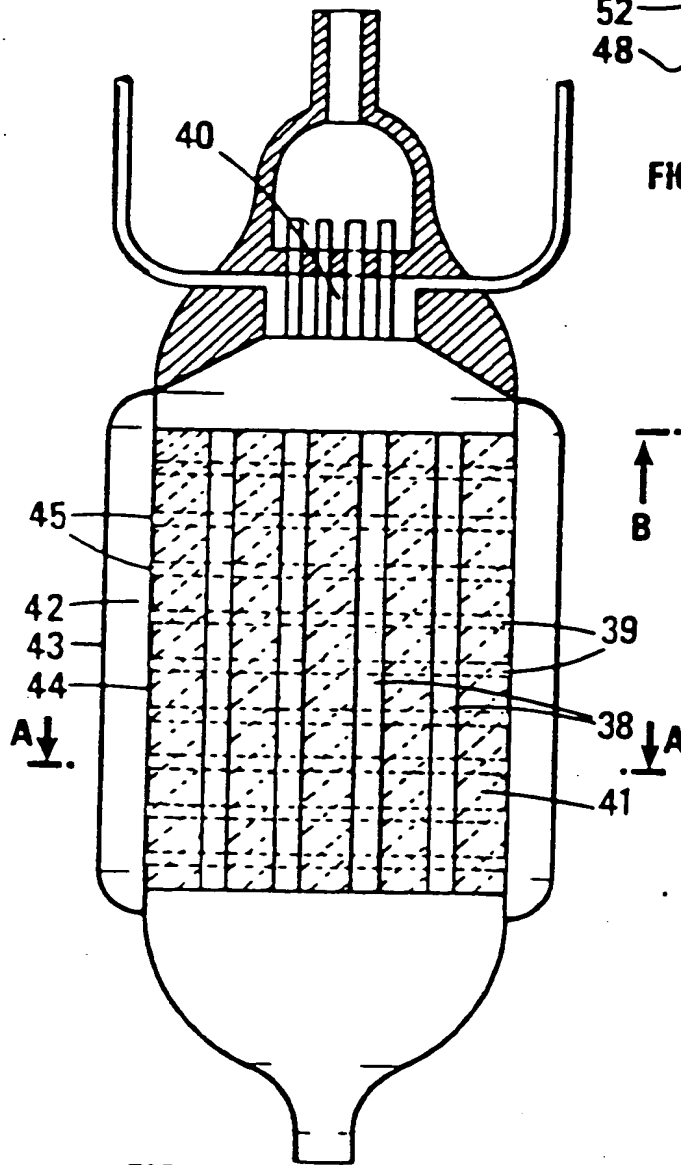


FIG. 4

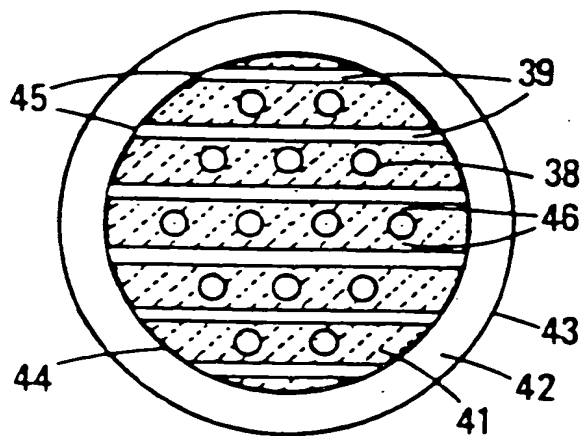


FIG. 6  
FIG. 8

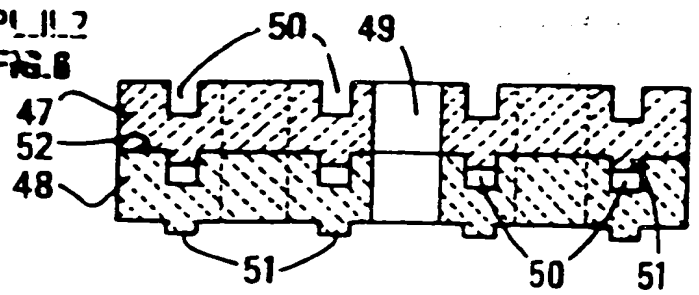


FIG. 5

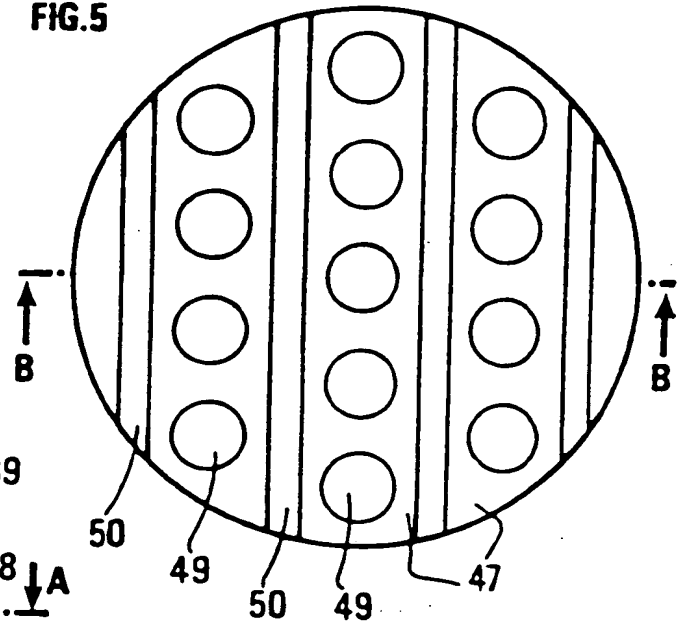


FIG. 8

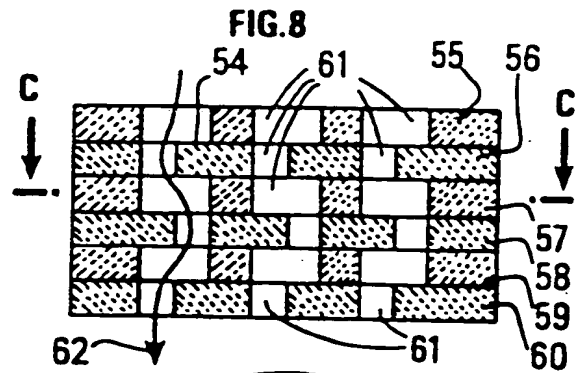


FIG. 9

